

## Docencia presencial y laboratorio remoto: una unión idónea para las prácticas de motores alternativos

Emilio Navarro Arévalo<sup>a</sup>, Juan Manuel Tizón Pulido<sup>b</sup>

Dpto. Mecánica de Fluidos y Propulsión Aeroespacial. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio. Universidad Politécnica de Madrid, Plaza Cardenal Cisneros 3, 28040 Madrid, España. 913366344. <sup>a</sup> emilio.navarro@upm.es, <sup>b</sup> jm.tizon@upm.es

---

### Abstract

*It has been used in the same class time: a lecture and a remote laboratory for reciprocating engine practices. In both cases, we have made use of video cameras to visualize real-time facilities. The lecture has been used to describe the test bench and the remote laboratory has been used to measure performances of a spark ignition engine. This methodology is intended to solve the problem of overcrowding of students in the labs, mainly when the number of jobs for them is very low.*

**Keywords:** Remote laboratory, labs, reciprocating engines.

---

### Resumen

*Se ha utilizado en una misma clase presencial recursos docentes convencionales, como son la clase magistral y las presentaciones en pantalla, junto con un laboratorio remoto para impartir docencia de prácticas de laboratorio de Motores Alternativos de Combustión Interna. En ambos casos se ha hecho uso de cámaras de video para visualizar las instalaciones en tiempo real. La clase magistral se ha utilizado para describir las instalaciones que forman parte de un banco de ensayos y el laboratorio remoto se ha utilizado para realizar ensayos para la determinación de actuaciones de un motor de encendido provocado. Con esta metodología se pretende poder solucionar el problema de la masificación de alumnos en las prácticas de laboratorio, fundamentalmente cuando el número de puestos de trabajo para hacerlas es muy reducido.*

**Palabras clave:** Laboratorio remoto, prácticas de laboratorio, motores alternativos.

## **Introducción**

La enseñanza en ingeniería ha utilizado las prácticas de laboratorio para lograr acercar al alumno al mundo real, aplicando los conocimientos teóricos a la práctica (Chu et al., 2008) (Ma et al., 2006) y jugando un papel muy importante en la formación del alumno. La importancia de las clases de laboratorio y la forma de impartirlas ha ido cambiando en los últimos años (Hofstein et al., 1982) (Hofstein et al., 2004). Recientemente está cobrando gran importancia la utilización de laboratorios virtuales y remotos, favorecido por la gran aceptación que por parte de los alumnos tienen las TICs (Bourne et al., 2005) (Davidson et al., 2006) (Giménez et al., 2009).

Los laboratorios virtuales presentan una serie de ventajas, frente a las instalaciones reales, como son (Calvo et al., 2009) (Navarro et al., 2010):

- Su coste relativamente bajo, con una configuración y puesta a punto más sencilla, al basarse en el funcionamiento de un programa informático.
- Su alto grado de robustez y seguridad, al no existir elementos reales que interfieran en el entorno.
- La disminución del uso incorrecto del equipamiento.
- La repetitividad de los experimentos.
- La capacidad de controlar un gran número de parámetros de diseño y operación que intervienen en el sistema simulado y analizar su respuesta ante el cambio (Bourne et al., 2005).

Sin embargo, como ponen de manifiesto un gran número de estudios de psicología cognitiva, las personas aprenden más rápidamente y mejor haciendo cosas y pensando sobre lo sucedido al hacerlo, que mirando o escuchando a alguien que les cuente lo que deben de aprender (Dormido, 2004). Por esta razón, los laboratorios presenciales siguen teniendo grandes ventajas frente a los laboratorios virtuales (Richardson, 2003), a pesar de presentar una serie de problemas como pueden ser (Dávila et al., 2009):

- Los costes de instalación, utilización y mantenimiento de determinadas instalaciones experimentales.
- El aumento de horas en las que el alumno tiene que poder acceder al laboratorio, horas en las que muchas veces el profesor tiene que estar presente.
- La dificultad que tienen los alumnos para asistir a algunas de las prácticas si estas se realizan fuera del horario reglado de clases.

A todo esto es necesario añadir (Dávila et al., 2009) el caso de tener un elevado número de alumnos, lo que lleva a tener que formar grupos de prácticas numerosos debido a las limitaciones de tiempo y de personal docente y de laboratorio, con la imposibilidad de atenderlos adecuadamente. Si esto se une a características particulares de algunos laboratorios, como puede ser el reducido espacio disponible para realizar la práctica y el número reducido de puestos de trabajo, resulta que el número de alumnos que realmente intervienen en la realización de las prácticas es bajo, limitándose el resto simplemente mirar como lo hacen sus compañeros.

Es en estos casos en los que la utilización de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), unido a la utilización del laboratorio remoto, todo ello empleándolo al mismo tiempo en la formación presencial puede ser una solución al problema.

### **Laboratorio real**

Una de las prácticas de laboratorio que se realizan en el Laboratorio de Motores Alternativos es la determinación de actuaciones de un motor de encendido provocado de aspiración normal. Para ello se dispone de un motor alternativo (Figura 1) instalado en un banco de ensayo y dotado de los sistemas de control del banco de pruebas y del motor, así como de un sistema de adquisición de datos. Al sistema de adquisición de datos le llegan las señales de los transductores y acondicionadores de señal utilizados para realizar las medidas, y el control de la mariposa del motor se realiza mediante un motor paso-paso. También se cuenta con un ordenador en el que se ejecuta el software desarrollado para controlar todos los sistemas de la instalación y realizar las medidas en el momento requerido. Además este mismo software permite realizar el tratamiento de las medidas con posterioridad al ensayo ya que las guarda en archivos, junto con los datos de las características del motor, para poder realizar con ellas cálculos, representaciones gráficas, exportar los resultados a hojas de cálculo, etc.

El software dispone de un interfaz de usuario (GUI) que se ha desarrollado pensando en que sea muy sencillo de utilizar e intuitivo, de manera que no sea necesario invertir una gran cantidad de tiempo en su aprendizaje (Figura 2).

En el ensayo se realizan medidas de las variables necesarias para determinar las actuaciones del motor, así como de aquellas que se consideran necesarias para poder determinar las condiciones de operación. Entre ellas se miden el régimen de giro, el par motor, los gastos de aire y combustible, temperaturas, emisiones de contaminantes, etc., y se calculan la potencia efectiva, el consumo específico, etc.

Con estos ensayos experimentales se pretende que los alumnos puedan comprobar “in situ” las conclusiones que se han obtenido en las clases teóricas, así como que conozcan los

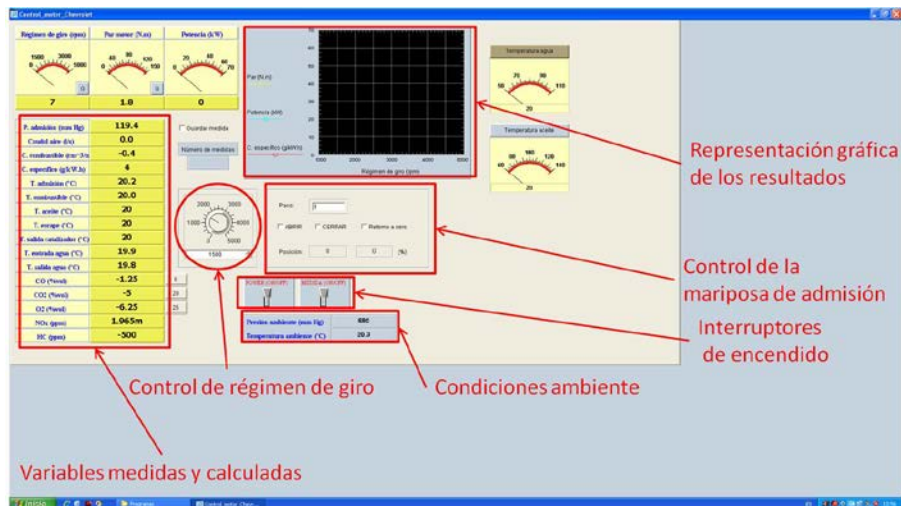
*Docencia presencial y laboratorio remoto: una unión idónea para las prácticas de motores alternativos*

protocolos y metodología a seguir cuando se hacen ensayos de este tipo, y además conocer los distintos tipos de transductores utilizados para hacer las medidas, la forma de adquirir las medidas y como tratarlas posteriormente.

**Figura 1. Banco de ensayo de motores alternativos**



**Figura 2. Interfaz de usuario (GUI) del sistema de control y medida**



El software desarrollado para el control del sistema de adquisición de datos y del banco de ensayos se ha realizado en VEE® ([www.keysight.com](http://www.keysight.com)). VEE® es un entorno de programación gráfico utilizado en medida y análisis. Utiliza objetos para la programación

lo que lo hace fácil de utilizar y muy versátil. Permite realizar cálculos, simulaciones, control de instrumentos, análisis de señales y puede interaccionar fácilmente con otros paquetes de software como hojas de cálculo, tratamientos de texto, etc.

### **Laboratorio remoto**

El laboratorio remoto se ha implementado de forma que pueda ser puesto a punto de manera rápida y sencilla. Para ello se ha utilizado una conexión desde un ordenador situado en el aula en el que se desarrolla la actividad docente al ordenador que controla el banco de ensayo y el sistema de adquisición de datos. La conexión se ha llevado a cabo mediante escritorio remoto.

Además de la conexión remota, que muestra el interface de medida y control del banco de ensayo (Figura 2), y con la finalidad de tener la sensación de estar realmente en la sala de control del banco, se han instalado cámaras de video que permiten visualizar la sala de control y la celda de ensayo, y en concreto el motor a ensayar. Además las cámaras de video disponen de micrófono omni-direccional que permiten oír de forma remota el ruido producido por el motor y las instalaciones auxiliares. La utilización de las cámaras, junto con el sonido, mejora la percepción de estar presente en el banco de ensayo.

Las cámaras de video utilizadas presentan una resolución de 352x288 para 25 frames ó 704x576 para 12 frames, resolución suficiente para poder ver con detalle las instalaciones y el motor en operación.

Se utilizan al mismo tiempo dos pantallas en las que se proyectan, con sendos cañones de video, por una parte las imágenes procedentes de las cámaras de video y por otra, bien las presentaciones utilizadas en la descripción de la instalación experimental, bien el panel de medida y control (GUI) durante la realización de los ensayos. La razón de utilizar las dos pantallas es la poder tener imágenes de tamaño adecuado para que los alumnos puedan visualizarlas con calidad.

### **Utilización del laboratorio remoto**

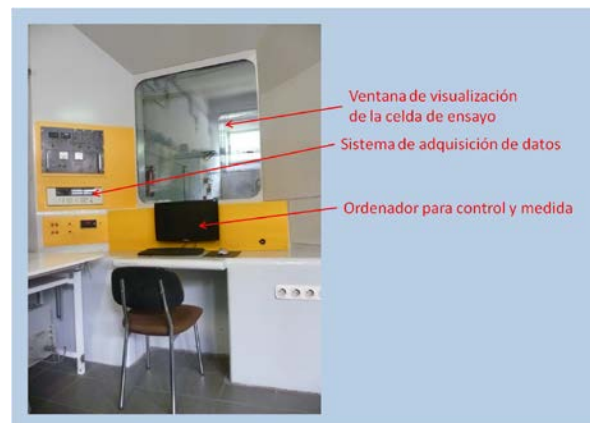
El desarrollo de las clases de laboratorio se venía haciendo hasta ahora describiendo en primer lugar el banco de pruebas de motores alternativos utilizado, y de todos los sistemas auxiliares que lo componen, para continuar con la descripción del sistema de control del freno dinamométrico y del motor y el sistema de medida. Todo esto se realizaba de forma presencial dentro de la celda de ensayo en grupos de unos 15 alumnos.

A continuación, en la sala de control, ya fuera de la celda de ensayos, se les describía el

*Docencia presencial y laboratorio remoto: una unión idónea para las prácticas de motores alternativos*

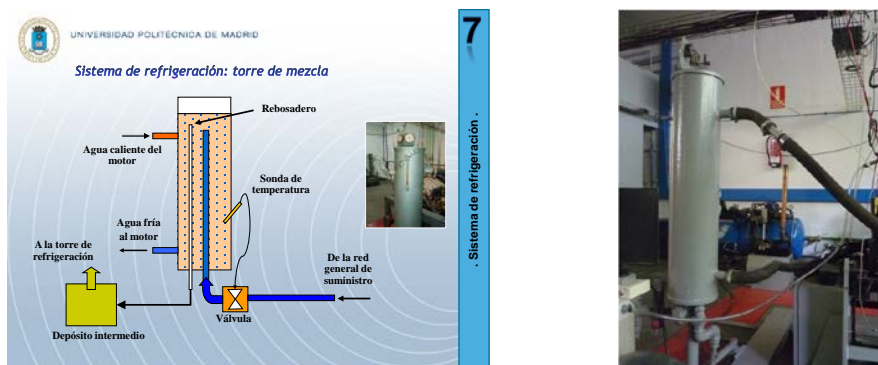
interface gráfico (GUI), el protocolo de medida y los ensayos a realizar, pasando por último a realizar los ensayos. El puesto de trabajo de la sala de control únicamente permite que puedan acceder a los controles como máximo dos alumnos al mismo tiempo (Figura 3), lo que hace que el resto únicamente pueda ver los resultados desde lejos, perdiendo rápidamente el interés por lo que se hace.

**Figura 3. Puesto de trabajo de la sala de control del banco de ensayos**



Con la nueva metodología, lo que se pretende es poder realizar de forma más clara la descripción de las instalaciones, para lo que se hace uso de presentaciones que utilizan fotografías, esquemas y videos, y poder realizar los ensayos de forma remota haciendo la presentación en una pantalla de forma que todos los alumnos tengan una visión clara de cómo se actúa en el ensayo y de las medidas realizadas.

**Figura 4. Muestra de la presentación utilizada para la descripción de una torres de mezcla (izquierda) y de la imagen mostrada por la cámara de video (derecha)**



En la fase de descripción de las instalaciones se utiliza al mismo tiempo que las presentaciones las cámaras de video, que van enfocando de forma detallada cada uno de los elementos del banco de ensayo que se describe en ese momento (Figura 4). El esquema seguido en esta fase es el mostrado en la Figura 5.

Durante la fase de ensayos, después de describir el protocolo a seguir, y mostrando al mismo tiempo el motor en funcionamiento con su correspondiente sonido, se realizan los ensayos. En una pantalla se muestra el panel de medida (GUI) (Figura 2), y en otra pantalla se muestra el motor en funcionamiento (Figura 1).

**Figura 5. Esquema seguido en la fase de descripción de los elementos constitutivos de un banco de ensayo de motores alternativos**



## Evaluación

Una vez terminada la experiencia, el profesorado ha detectado una buena acogida por parte de los alumnos, así como una mejora en el interés mostrado por los mismos.

De todas formas, para evitar las posibles subjetividades al respecto, se ha procedido a evaluar la metodología utilizada mediante la propuesta de una encuesta anónima y voluntaria a realizar a través de la plataforma institucional de teleenseñanza Moodle de la Universidad. La finalidad de la misma es la de obtener la opinión de los alumnos sobre el procedimiento utilizado con el fin de mejorarlo. Las preguntas propuestas han sido:

1. Para la descripción del banco de ensayos, la utilización de cámaras de video, junto con las transparencias, me ha parecido interesante y me ha servido para aclarar conceptos (1:

nada de acuerdo - 5: completamente de acuerdo).

2. En conjunto indica tu nivel de satisfacción en la realización de la práctica en forma remota (1: poco - 5: mucho).

3. Para la realización del ensayo mediante el laboratorio remoto, la utilización de cámaras de video, me ha parecido interesante y me ha servido para aclarar conceptos (1: nada de acuerdo - 5: completamente de acuerdo).

4. Me ha gustado la combinación de la descripción del laboratorio y del banco de ensayo, seguido de la práctica de laboratorio remota, todo ello en la misma sesión de clase (1: nada de acuerdo - 5: completamente de acuerdo).

5. En general, esta experiencia con la metodología utilizada ha sido satisfactoria (1: nada de acuerdo - 5: completamente de acuerdo).

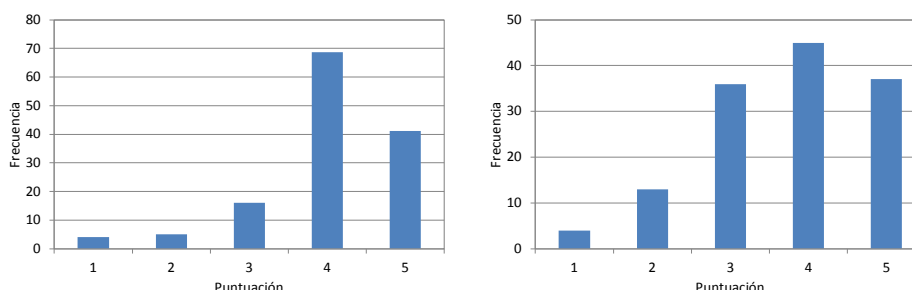
6. Vista la experiencia considero adecuado el uso de las prácticas remotas para la realización de las prácticas de laboratorio (1: nada de acuerdo - 5: completamente de acuerdo).

7. Me gustaría que se utilizase esta metodología en otras asignaturas (1: nada de acuerdo - 5: completamente de acuerdo).

8. Dado el número de alumnos matriculados en la asignatura y el reducido espacio disponible en la sala de control del banco, el hacer la práctica de forma presencial obligaría a que el número de alumnos por práctica fuese de unos 15 alumnos y que como máximo pudiesen utilizar el banco dos alumnos al mismo tiempo. A pesar de esto, hubiera preferido haber realizado la práctica de forma presencial (1: nada de acuerdo - 5: completamente de acuerdo).

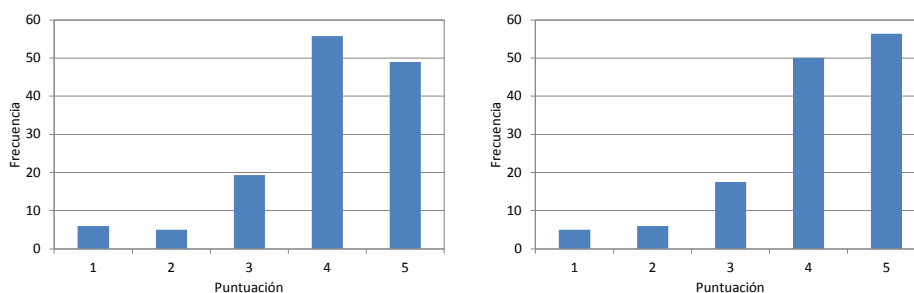
La encuesta la ha respondido un 135 alumnos, mostrándose los resultados obtenidos, en forma de histogramas en las Figuras 6 a 9 y los valores medios de las respuestas a las preguntas de la encuesta en la Figura 10.

**Figura 6. Histogramas de los resultados a las preguntas 1 (izquierda) y 2 (derecha)**

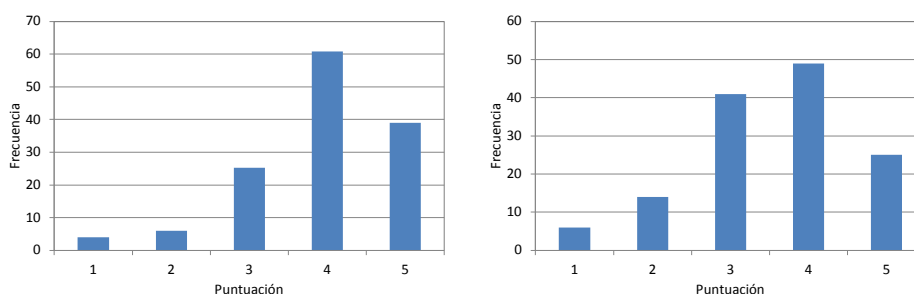




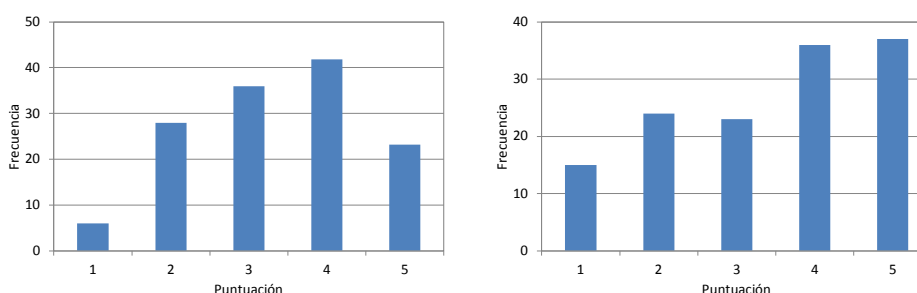
**Figura 7. Histogramas de los resultados a las preguntas 3 (izquierda) y 4 (derecha)**



**Figura 8. Histogramas de los resultados a las preguntas 5 (izquierda) y 6 (derecha)**

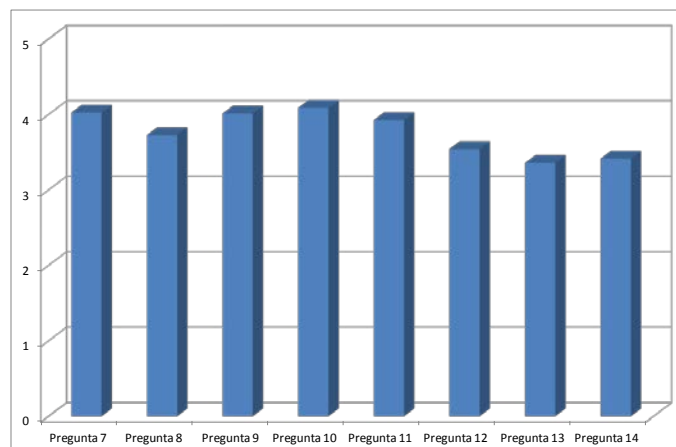


**Figura 9. Histogramas de los resultados a las preguntas 7 (izquierda) y 8 (derecha)**



Como se puede comprobar de dichos resultados, un porcentaje muy elevado de alumnos muestran su interés por la utilización de cámaras de video al mismo tiempo que la clase magistral y el laboratorio remoto, considerando que les ha servido para aclarar conceptos. De igual forma consideran válida la utilización del laboratorio remoto, pero teniendo en cuenta que también se muestra un alto interés en mantener el laboratorio presencial (Figura 9 derecha).

**Figura 10. Valores medios de las respuestas a las preguntas de la encuesta**



## Conclusiones

En el trabajo que se describe se ha utilizado en una misma clase presencial las metodologías docentes más convencionales con otras que lo son menos, aunque cada vez más frecuentes, como son los laboratorios remotos y las retransmisiones de video.

Las razones para utilizar estas metodologías de forma conjunta son las de:

- Evitar que alumnos que asisten a las prácticas de laboratorio no puedan realmente participar en las mismas, dado el gran número de ellos y el reducido número de puestos de trabajo.
- Hacer que el alumno tenga la sensación de encontrarse físicamente en el laboratorio observando directamente las instalaciones, equipos y sistemas, mientras se le explican sus funciones y modo de operar con ellos.

Las conclusiones que se extraen de la metodología utilizada y de la encuesta realizada a los alumnos son:

- Los alumnos ven útil y de ayuda el uso de cámaras de video como apoyo a la docencia.
- Los alumnos consideran positivo el utilizar laboratorios remotos en otras asignaturas.

- Los alumnos mantienen su interés por realizar además prácticas de laboratorio presencial.

De lo anterior se desprende que aunque la metodología utilizada es muy útil para describir las instalaciones necesarias para realizar ensayos en motores alternativos, y el laboratorio remoto es útil para describir el funcionamiento del banco de ensayo, los alumnos siguen manteniendo su interés en realizar prácticas presenciales. Por consiguiente, por lo menos en la experiencia llevada a cabo, puede decirse que el laboratorio remoto es un complemento al laboratorio real.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Politécnica de Madrid la financiación de este proyecto, realizado a través de la convocatoria 2014 de “Ayudas a la innovación educativa y a la mejora de la calidad de la enseñanza”, así como al personal de los Servicios Informáticos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio (ETSIAE) por su colaboración.

### Referencias

- Chu R. H., Lu D. D. (2008). *Project based lab learning teaching for power electronics and drives*. IEEE Transactions on Education. 51(1), 108 -113 pp.
- Ma J., Nickerson J. V. (2006). *Hands-on, simulated, and remote laboratories: a comparative literature review*. ACM Computer Survey. 38(3), 1 - 24 pp.
- Hofstein A., Lunetta V. N. (1982). *The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research*. Review of Educational Research Washington, D.C. Vol. 52, Iss. 2, 201 - 217 pp.
- Hofstein A., Lunetta V. N. (2004). *The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century*. Science Education. 88(1), 28-54. Retrieved February 24, 2011, from Academic Research Library (Document ID: 796913731).
- Bourne J., Harris D., Mayadas F. (2005). J. Eng. Educ. 94(1). 131 pp.
- Davidson G. V., Rasmussen K. L. (2006). *Web-Based Learning: Design, Implementation and Evaluation*. Pearson Merrill Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey.
- Giménez F., Furlan W. D., Pons A., Monsoriu J. A. (2009). *ZPDESIGN: Un nuevo laboratorio virtual para el estudio de la óptica difractiva*. Actas del 17 CUIEET.
- Calvo I., Zulueta E., Gangoiti U., López J.M. (2009). *Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas*. Ikastorratza. Vol. 3, n. 3, 1 - 21 pp.

*Docencia presencial y laboratorio remoto: una unión idónea para las prácticas de motores alternativos*

Navarro E., Leo T., Moral L. (2010). *Simulación de una Pila de Combustible para su Aplicación en un Laboratorio Virtual*. Actas 18 CUIEET (ISBN: 978-84-86116-19-4).

Dormido S. (2004). *Control Learning: Present and Future*. Annual Reviews in Control. Vol. 28 (1), 115 - 136 pp.

Richardson, V. (2003). *Constructivist pedagogy*. The Teachers College Record.

Dávila L., Santos C., Castedo L., López S., González R. (2009). *Plataforma interactiva para la realización de prácticas de electrónica digital*. Actas del 17 CUIEET.

<http://www.keysight.com>